



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# SHRABOVACÍ ZAŘÍZENÍ DOSAZOVACÍ NÁDRŽE

RAKING EQUIPMENT OF SEDIMENTATION TANK

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**MICHAL ŠEBELA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. JAN BRANDEJS, CSc.**

BRNO 2014



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Michal Šebela

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Shrabovací zařízení dosazovací nádrže**

v anglickém jazyce:

### **Raking equipment of sedimentation tank**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukční návrh shrabovacího zařízení dna dosazovací nádrže o průměru 40 m, určeného pro čistírny odpadních vod. Konstrukce mostu příhradová, pohon oboustranný.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Návrh konstrukčních řešení
5. Výsledné konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení

Typ práce: konstrukční; Účel práce: výzkum a vývoj

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Zásady pro vypracování práce:

[http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2014.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2014.pdf)

Šablona práce: [http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK\\_sablona\\_praci.zip](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip)

Seznam odborné literatury:

SHIGLEY, J.E., MISCHKE, Ch.R., BUDYNAS, R.G.: Konstruování strojních součástí.  
Překlad 7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku  
2013/2014.

V Brně, dne 10. 11. 2013

L.S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr.h.c.  
Děkan fakulty

---

## ABSTRAKT

---

Bakalářská práce obsahuje přehled systémů pro shrabování dna radiální dosazovací nádrže. Dále se zabývá konkrétním konstrukčním řešením shrabovacího zařízení, instalovaného na ÚČOV Ostrava. Cílem této práce je navrhnout vhodné konstrukční řešení, které bude plnit požadovanou funkci se snadnou montáží. Součástí práce je výkresová dokumentace.

## KLÍČOVÁ SLOVA

---

čistírna odpadních vod, shrabovací zařízení, kal

## ABSTRACT

---

Bachelor's thesis contains summary of systems for raking equipment of sedimentation tank. It deals with a specific design solution raking device installed in sewage treatment plant in Ostrava. The goal of this thesis is design suitable solution of raking device. Thesis also contains drawing documentation.

## KEY WORDS

---

sewage treatment plant, raking equipment, sludge

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

---

ŠEBELA, M. *Shrabovací zařízení dosazovací nádrže*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 34 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.

---



---

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

---

Prohlašuji, že bakalářskou práci *Shrbovací zařízení dosazovací nádrže* jsem vypracoval a napsal samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce doc. Ing. Jana Brandejse, CSc. a v seznamu jsem uvedl všechny použité zdroje.

V Brně dne: .....

.....  
Michal Šebela

---





---

## PODĚKOVÁNÍ

---

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Janu Brandejsovi, CSc. za jeho vstřícnost, cenné rady a připomínky k této práci. Dále bych rád poděkoval firmě Hydrotech, a.s., která mi umožnila pracovat na tomto projektu.

---



**OBSAH**

---

**ÚVOD**

<b>1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>13</b>
1.1 Dosazovací nádrž	13
1.2 Shrabovací systémy s otočným mostem	14
1.2.1 Spirální lišta	14
1.2.2 Spirální segmenty	14
1.2.3 Přesazené škrabky	15
1.2.4 Odsávací sběrače	15
1.2.5 Odsávací potrubí	15
1.3 Jiné typy stíracích systémů	16
1.3.1 Hrablový shrabovací systém Finnchain	16
1.3.2 Shrabovací systém Zickert	17
1.4 Ústřední čistírna odpadních vod Ostrava	18
<b>2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>19</b>
<b>3 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ</b>	<b>20</b>
3.1 Varianta 1	21
3.2 Varianta 2	21
<b>4 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ</b>	<b>22</b>
4.1 Shrabovací lišta	22
4.2 Rám	23
4.3 Závěs	23
4.4 Konzola	24
4.5 Kolečko	24
4.6 Spojení bloků	24
4.7 Připevnění pryže	25
4.8 Táhla, vzpěry, výztuhy	26
4.9 Materiálové provedení	26
4.10 Postup montáže	27
<b>5 DISKUZE</b>	<b>29</b>
<b>6 ZÁVĚR</b>	<b>30</b>
<b>7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>31</b>
<b>8 SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	<b>32</b>
<b>9 SEZNAM TABULEK</b>	<b>33</b>
<b>10 SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>34</b>

---

## ÚVOD

Dosazovací nádrže jsou součástí čistírny odpadních vod. V čistírnách odpadních vod probíhá čištění při stejných dějích, jako při samočištění vody ve vodních tocích, s tím rozdílem, že jsou tyto děje soustředěny do rozměrově omezených prostorů a průběh čištění je uměle podporován. Čištění je v tomto případě intenzivnější a rychlejší. Čistírny odpadních vod jsou tedy zařízení, v nichž se čistí odpadní voda z domů, bytů, průmyslových a zemědělských podniků. V České republice jsou nejpožívanějším typem mechanicko-biologické čistírny. Odpadní voda se přivádí hlavní stokou ze stokové sítě do prvního stupně tzv. mechanického předčištění, kde je hlavním cílem odstranění nerozpuštěných látek, čímž se ochrání nadcházející stupně čistírny. Na konci hlavní stoky je umístěn lapák šterku. Jde vlastně o rozšíření a prohloubení hlavní stoky, čímž dojde ke snížení rychlosti proudění, a dochází tak k usazování hrubých nerozpuštěných látek na dno žlabu. Odpadní voda se dále prolévá česlemi, v dnešní době strojně stíranými a jejich součástí je i lis na shrabky. Poté následuje lapák písku v kombinaci s lapákem tuku, přes který odpadní voda vtéká do usazovací nádrže, což je poslední zařízení mechanického čištění. V usazovací nádrži probíhá oddělení primárního organického znečištění. Surový tzv. primární kal sedimentuje na dno nádrže, odkud je odčerpáván do vyhnívací nádrže. Tento kal je energeticky cenná surovina, která se u větších čistíren využívá k výrobě bioplynu. Na hladině nádrže se vyskytují lehké usazeniny, které jsou odváděny stíráním hladiny do kalové jímky, umístěné na obvodu nádrže. Usazovací nádrže mohou být kruhové nebo pravoúhlé. Po mechanickém předčištění nastává čištění biologické. Biologické čištění se provádí v aktivačních nádržích, kde se využívají aerobní bakterie, což jsou bakterie pracující za přísunu vzduchu. Tyto mikroorganismy rozkládají organické látky v odpadní vodě na substrát. Rostoucí bakterie způsobují odstranění znečišťujících látek, ale zároveň zapříčiňují nárůst přebytkového kalu tzv. sekundárního, který se odebírá a zpracovává v kalovém hospodářství. Takto zpracovaná voda vstupuje do dosazovací nádrže, ve které se odděluje vyčištěná voda od aktivovaného kalu vlivem sedimentace. Kal usazený na dně nádrže, je shrabován pomocí shrabovacího zařízení, jehož návrhem konstrukčního řešení se v této bakalářské práci budeme dále podrobněji zabývat. Primární i sekundární kaly se zpracovávají v kalovém hospodářství. Kal je nejdříve zahuštěn, poté je odčerpán do vyhnívacích nádrží, kde dochází k přeměně rozložitelných organických látek na bioplyn. Bioplyn uskladněný v plynojemu, slouží jako palivo kogeneračních jednotek nebo k ohřevu vyhnívacích nádrží. Dále je kal z vyhnívací nádrže přečerpán do uskladňovací nádrže, kde je odvodněn pomocí dekantační odstředivky. Odvodněný kal se likviduje dle zákonem daných předpisů. Výsledným produktem čistíren odpadních vod je pak čistá voda.

Přínosem této bakalářské práce bude zejména seskupení informací o problematice stírání dna dosazovací nádrže a návrh konstrukčního řešení pro firmu Hydrotech, a.s. Tento projekt bude součástí komplexního řešení rekonstrukce dosazovací nádrže ÚČOV Ostrava.

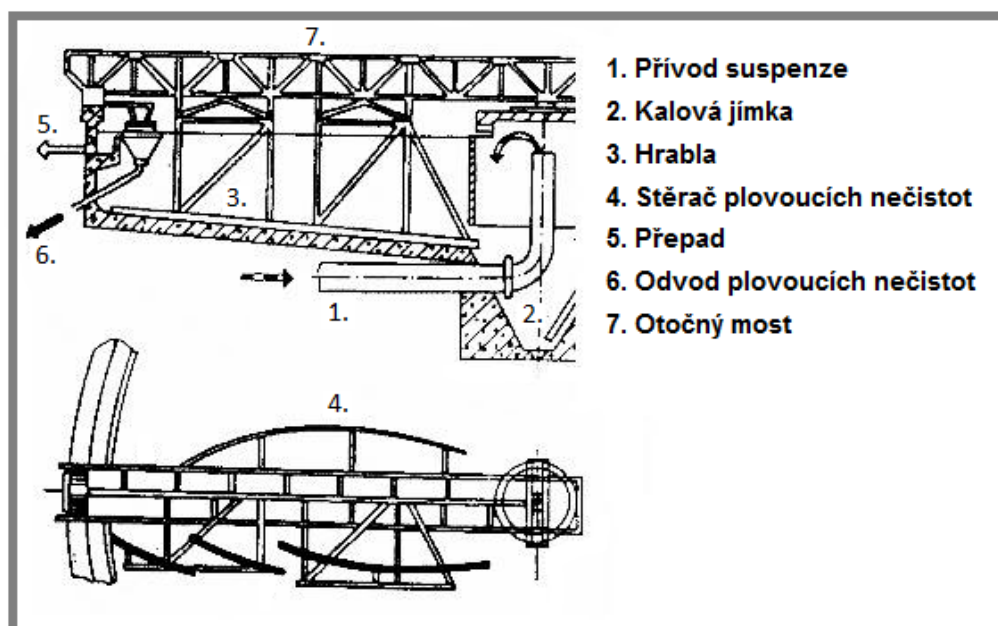
# 1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1

## 1.1 Dosazovací nádrž

1.1

Odpadní voda obsahující aktivovaný kal je přiváděna středovým ocelovým sloupem z předchozího čistícího procesu tj. z aktivací nádrže. Ze středového sloupu odpadní voda vytéká otvory do nátokového deflektoru, kde dochází ke snížení rychlosti a zároveň k usměrnění toku do flokulačního válce. Ve flokulačním válci se vymíchávají a odplyňují plovoucí nečistoty, čímž dojde k usnadnění jejich poklesu na dno nádrže. Odtékající voda směřuje k obvodu nádrže, kde přepadá do žlabu. Žlab je opatřen nornou stěnou a strojně čištěnou stavitelnou hranou. Nosný středový sloup nese most, který může být pevný nebo otočný. Je-li otočný, táhne shrabovací zařízení, které má rovné či tvarované radlice shrabující usazený kal po rovném nebo kuželovém dně do kalové jímky. Z kalové jímky je kal odčerpáván a zpracováván v kalovém hospodářství. Lehké plovoucí nečistoty jsou z hladiny odstraňovány pomocí stíracích lišt, nebo rozvodem vzduchu ventilátory. Tyto nečistoty jsou směřovány do obvodové kalové jímky. Zařízení pro stírání hladiny je pevně spojeno s otočným mostem, který je na obvodu nádrže podepřen vozíky s pryžovými koly, zajišťující pohon mostu. Z důvodu problémů s prokluzem kol v zimním období, se vozík doplňuje nuceným pohonem, pomocí cévových kol a cévové tyče. Dle velikosti nádrže se určí celková délka mostu, stanoví se pojezdová rychlost a její způsob regulace. Co se týče materiálového provedení jednotlivých částí dosazovací nádrže, tak ponořené části, jmenovitě flokulační válec, nátokový deflektor, stírání hladiny a dna, žlaby, přepadové hrany a norné stěny jsou vyráběny z nerezové oceli. Pojezdový most je převážně vyráběn z konstrukční oceli s povrchovou úpravou, jako je metalizace nebo žárové zinkování [1], [3].



Obr. 1 Dosazovací nádrž [3]

## 1.2 Shrabovací systémy s otočným mostem

Systémy shrabování dna dosazovací nádrže pomocí otočného mostu jsou velmi rozšířené, a jejich funkčnost je dlouhodobou praxí ověřená. Jsou montovány na nádrže o velikostech od 5 až 80 m v průměru. Firmy zabývající se tímto způsobem stírání mají svá osvědčená řešení, která aplikují na konkrétních nádržích [2].

### 1.2.1 Spirální lišta

Usazený kal na dně nádrže je stírán shrabovací lištou ve tvaru spirály. Snahou konstruktérů, je co nejvíce se přiblížit tvarem lišty Archimedově nebo logaritmické spirále, čímž se dosáhne nejvyšší účinnosti. Výroba a montáž tohoto systému je náročnější [2],[4].



Obr. 2 Spirální lišta [6]

### 1.2.2 Spirální segmenty

Tento systém se běžně používá v usazovacích i dosazovacích nádržích. Jedná se o stírací segmenty, tažené mostovou konstrukcí. Stírací segmenty mají tvar logaritmické spirály. Tento způsob stírání patří k těm více efektivním [4].



Obr. 3 Spirální segmenty [7]

### 1.2.3 Přesazené škrabky

1.2.3

---

Systém je řešen pomocí několika vůči sobě přesazených škrabek. Při jedné otáčce mostu se kal posune přibližně o délku jedné škrabky. Kal je tak plynule odváděn od obvodu nádrže do kalové jámky [2], [5].



Obr. 4 Přesazené škrabky [5]

### 1.2.4 Odsávací sběrače

1.2.4

---

Systém se skládá ze speciálně navržených odsávacích sběračů, ke kterým je připojeno odsávací potrubí. Tento systém slouží pro rychlé a rovnoměrné odstranění aktivovaného kalu. Kal je odsáván pomocí kalových čerpadel [5].



Obr. 5 Odsávací sběrače [5]

### 1.2.5 Odsávací potrubí

1.2.5

---

U dna nádrže je usazeno odsávací potrubí čtvercového průřezu s otvory, kterými je kal odsáván. Otvory jsou zhotoveny po celé délce sacího potrubí. Volbou velikostí otvorů a roztečí mezi nimi se ovlivňuje rychlost odsávání. Odsávání se uskutečňuje pomocí kalového čerpadla [5].



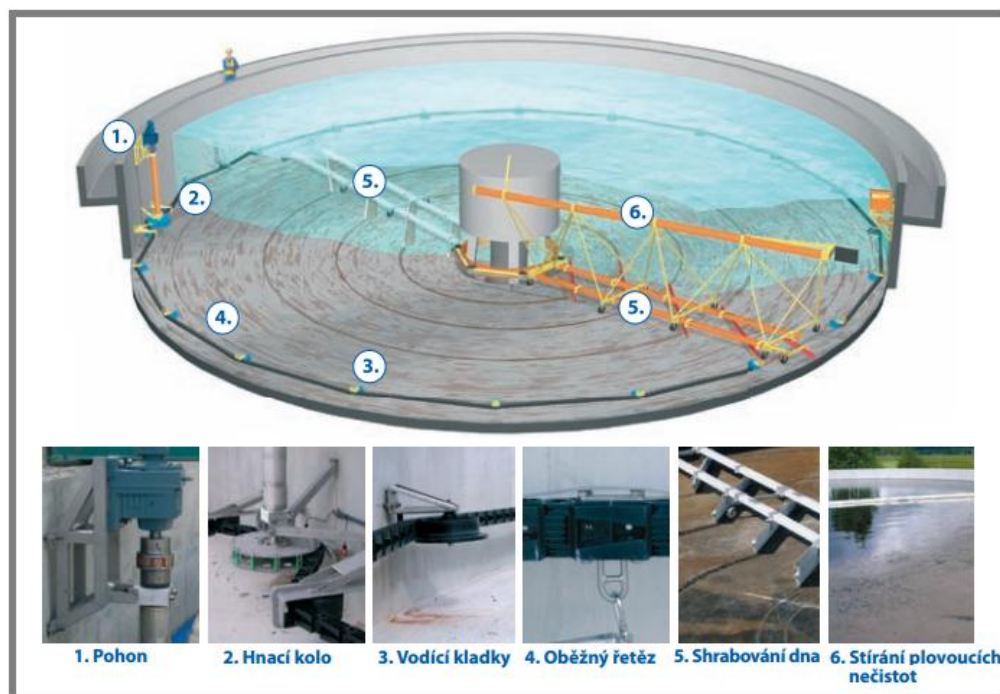
Obr. 6 Odsávací potrubí [5]



## 1.3 Jiné typy stíracích systémů

### 1.3.1 Hrablový shrabovací systém Finnchain

Jedná se o systém shrabování dna k odstranění kalu pro kruhové dosazovací nádrže. Tento způsob stírání je alternativním řešením shrabovacích systémů využívajících mostové konstrukce. Pohon systému zajišťuje elektromotor nacházející se u horního okraje nádrže. Krouticí moment elektromotoru je přenášen přes hřídel na hnací kolo. Hnací kolo vyrobené z nerezové oceli pohání řetěz, který obíhá obvod nádrže přes vodící kladky. Vodící kladky jsou upevněné ke stěně nádrže. Odstupy mezi těmito kladkami, vyrobených z polyacetalu jsou přibližně 4 m. K oběžnému řetězu, vyrobeného také z polyacetalu, je pomocí tažné tyče připevněno shrabovací zařízení kalu a stěrač hladiny. Shrabování dna nádrže je provedeno pomocí shrabovacích ramen, vyrobených ze sklolaminátu. U nádrží s větším průměrem se montuje větší počet shrabovacích ramen. Pro stírání hladiny se používá sklolaminátový stěrač, který je připevněn pomocí konstrukce z trubek ke shrabovacímu systému. Trubky jsou z nerezové oceli. Na konci stěrače je umístěn sběrač, který vhání plovoucí nečistoty do jímek, situovaných u obvodu nádrže. Tento systém je nízkonákladový a snadno udržovatelný. Těchto výhod je docíleno zejména díky použitým materiálům jako je plast, sklolaminát a nerezová ocel, které nepotřebují žádné další ošetření. Mimo jiné lze nainstalovat zastřešení nádrže a snížit tak zápach, jelikož jsou všechny komponenty nádrže kromě motoru ponořené. Mezi další výhody patří také trvanlivost a snadná vyměnitelnost součástí [8].



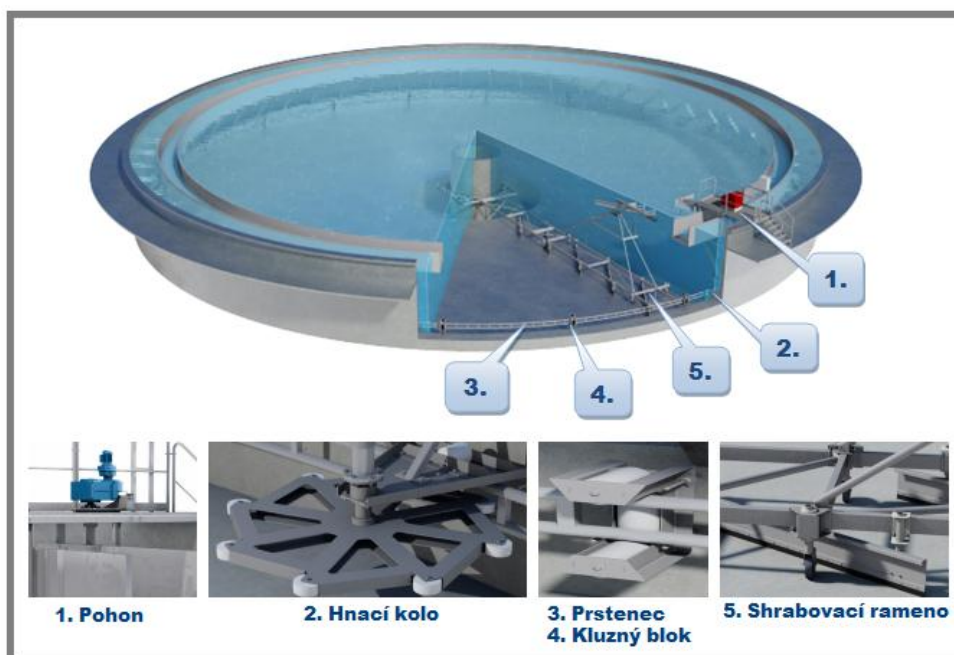
Obr. 7 Shrabovací systém Finnchain [8]



### 1.3.2 Shrabovací systém Zickert

1.3.2

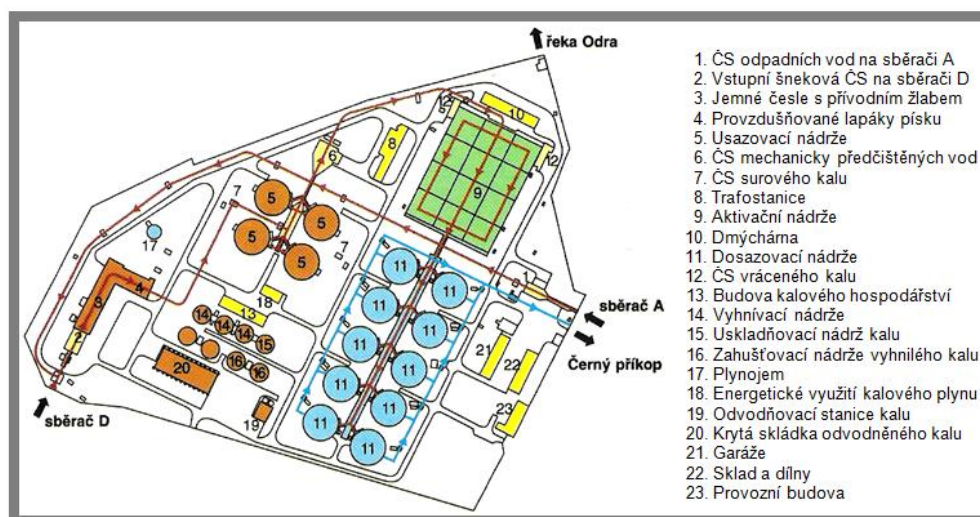
Jedná se o shrabovací systém vyvinutý společností Nordic water, kde opět odpadá otočný most. Originální myšlenka je zejména v pohonné jednotce, která snižuje hmotnost a zvyšuje efektivitu celého systému. Unikátně navrženou kalovou škrabku lze snadno přizpůsobit stávajícím nádržím bez nutnosti dalších úprav. Shrabovací zařízení je poháněno pomocí převodového motoru, který je umístěn v horní části nádrže. Hnací jednotku chrání před přetížením silový senzor. Tato jednotka je namontována na podstavci, umožňující bezproblémový přístup. Vertikální hřídel spojuje převodový motor k sestavě hnacího kola ve spodní části nádrže. Hnací kolo je v podstatě speciálně navržené řetězové kolo, které je pomocí konzoly připevněno k betonové stěně, a pohání prstenec umístěný podél obvodové stěny. Ložisko kola zvládá zatížení ve všech směrech. Poháněný prstenec, se skládá ze svařených trubek. Tento prstenec probíhá kluznými bloky, které jsou připevněny ke stěně nádrže. K prstenci je připojen shrabovací systém, který stírá kal ze dna nádrže do kalové jímky. Ve středové části jsou shrabovací ramena připevněna ke středovému sloupu pomocí rámu, který je veden v kluzném vedení. Tato ramena jsou s rámem spojena klouby, které umožňují ramenům kopírovat sklon nádrže. Ramena jsou opatřena kolečky, která cestují na dně nádrže a podpírají konstrukci. Pod shrabovacími rameny jsou pod úhlem instalovány stírací nože s gumovou lištou shrabující kal do kalové jímky. Tento systém vyniká jednoduchou konstrukcí s nízkou hmotností, což znamená snížení nároků na servis a údržbu oproti systémům využívající mostovou konstrukci. Zároveň tak zajišťuje bezproblémový provoz v zimních podmínkách. Kromě toho nevyčnívají žádné části systému z nádrže, což umožňuje snadnou instalaci zastřešení. Zařízení je běžně instalováno pro nádrže o průměru 18 až 50 metrů [9].



Obr. 8 Shrabovací systém Zickert [9]

## 1.4 Ústřední čistírna odpadních vod Ostrava

Na území města Ostravy, je čištění odpadních vod zajišťováno mechanicko-biologickým způsobem. Provádí se zde čištění odpadních vod z potravinářského průmyslu, od většiny obyvatelstva na území města Ostravy, z ostatního průmyslu po předčištění a koncentrované fenol-čpavkové vody z koksoven Svoboda a Šverma [10].



Obr. 9 ÚČOV Ostrava [10]

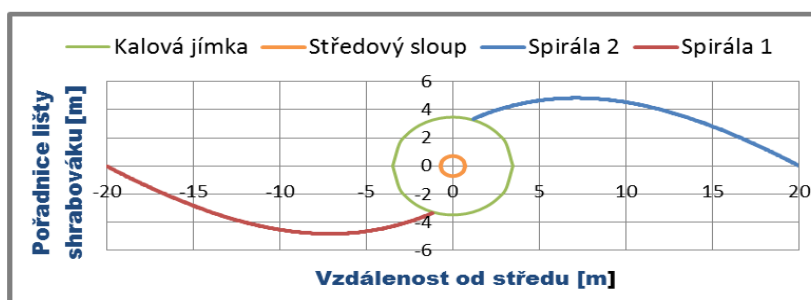
## 2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

2

Požadavkem je vytvoření návrhu shrabovacího zařízení se dvěma rameny spirálového provedení pro dosazovací nádrž o průměru 40 m. Shrabovák má tvar logaritmické spirály s náběhovým úhlem  $35^\circ$ . Dosazovací nádrž je opatřena průběžným otočným mostem, řešeným jako příhradová konstrukce, s optimální obvodovou rychlostí 50 mm/s. Shrabovák je třeba zavěsit na most pomocí táhel. Úhel pootočení mostu vůči podélné ose shrabováku je volen konstruktérem podle dané konstrukce táhel s tím, že obecně je snadou minimalizovat délku táhel i vzpěr. Táhl shrabovák táhne, vzpěra ho strká. Předností konstruktérů je volba delších táhel a kratších vzpěr. Problémem daného zařízení je přiléhavost ke dnu nádrže. Lze na ni zaznamenat různé názory, ale skutečností však zůstává, že žádná spirála nepřiléhá ke dnu ve tvaru kuželové plochy. Je tedy nutné počítat s určitou místní vzdáleností mezi shrabovací lištou a dnem nádrže. Další skutečností je, že stavební firmy nejsou schopny svými prostředky zajistit zhotovení přesného kuželového dna. Největší odchylky vzdálenosti mezi shrabovací lištou a dnem pak způsobuje právě nerovné dno. Požadované rozměry logaritmické spirály, poskytnuté zadávající firmou, kterých je nutno se držet jsou uvedeny v tabulce níže. Hodnota „X“ je vzdálenost od středu dosazovací nádrže a hodnota „Y“ je pořadnice lišty. Dalším požadavkem je výška shrabovací lišty u obvodu nádrže 350 až 400 mm a u kalové jámy 650 mm. Je vhodné, aby shrabovací lišta přesahovala do kalové jámy.

Tab. 1 Souřadnice bodů spirály

X[m]	Y[m]	X'[m]	Y'[m]
1,195	3,283	-1,195	-3,283
2,241	3,882	-2,241	-3,882
3,697	4,406	-3,697	-4,406
4,607	4,607	-4,607	-4,607
5,653	4,744	-5,653	-4,744
6,847	4,795	-6,847	-4,795
8,2	4,734	-8,2	-4,734
9,72	4,533	-9,72	-4,533
11,416	4,155	-11,416	-4,155
13,293	3,562	-13,293	-3,562
15,351	2,707	-15,351	-2,707
20	0	-20	0



Obr. 10 Spirálová ramena

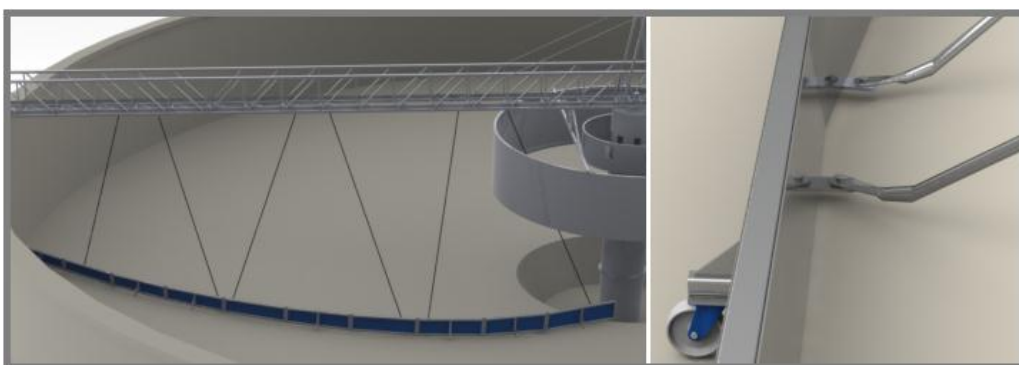
---

## 3 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ

---

### 3.1 Varianta 1

Základem shrabovacího zařízení je shrabovací lišta a táhla připevněná k liště a k mostové konstrukci. Lišta je zhotovena z 11 ráků, které jsou společně svařeny tak, aby vytvořily požadovanou spirálu. Ráky jsou svařeny z profilových tyčí. K liště jsou přivařena kolečka, po kterých se spirála veze. Pomocí koleček je také vytvořena určitá místní vzdálenost mezi shrabovací lištou a dnem nádrže, tak aby lišta nedrhla o dno. Táhla jsou řešena z trubek. K liště jsou táhla připevněna pomocí přílozek šroubovým spojením a k mostové konstrukci jsou přivařena prostřednictvím závěsů.

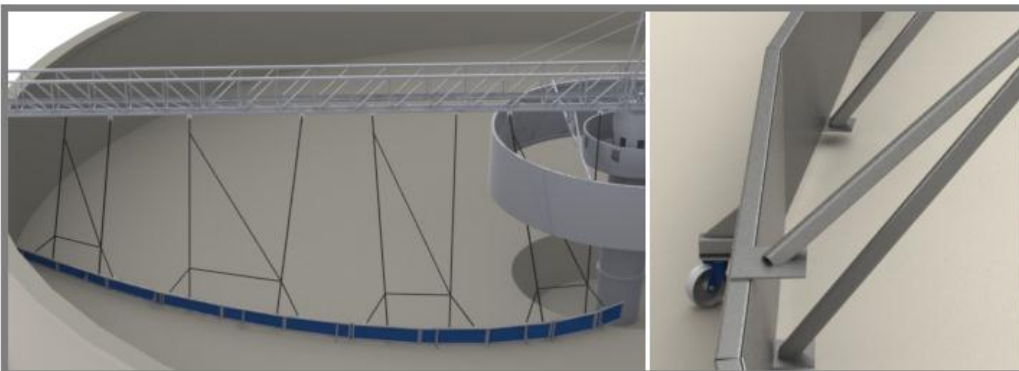


Obr. 11 Varianta 1

---

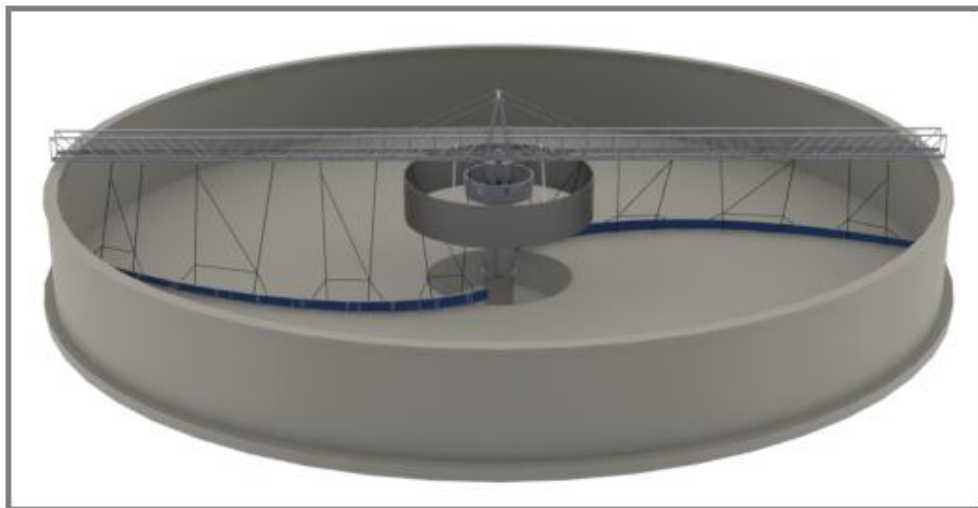
### 3.2 Varianta 2

Shrabovací lišta opatřená kolečky, je sestavená z bloků, které se skládají z určitého počtu ráků. Ráky jsou svařeny z profilových tyčí. Spojení jednotlivých bloků je provedeno šroubovým spojením, které umožňuje výkyvy daných bloků při projíždění koleček lišty nerovnostmi na dně nádrže. Táhla jsou zde navíc vyztužena pomocí vzpěr. Vzpěry i táhla jsou také z profilových tyčí. Ke shrabovací liště jsou táhla přivařena na příložkách a k mostové konstrukci jsou připevněna pomocí závěsů.



Obr. 12 Varianta 2

První varianta je z konstrukčního hlediska jednodušší. Jednotlivé bloky vytvářející spirálovou shrabovací lištu jsou jednoduše společně svařeny. Neumožňují však výkyvný pohyb, který by zajistil přizpůsobení se nerovnému povrchu dna nádrže. Není zde provedeno ani vyztužení táhel. Z hlediska funkce tak není zajištěna dostatečná stabilita lišty a celková tuhost shrabovací konstrukce. Na základě těchto poznatků, je navržena varianta číslo 2. Tato varianta je konstrukčně složitější a časově náročnější z hlediska montáže. Zajišťuje však výkyvný pohyb jednotlivých bloků, díky kterému se lišta přizpůsobí nerovnostem povrchu dna nádrže. Dále je provedeno vyztužení táhel. Celkově se tak v této variantě dosáhne požadovaných vlastností a je tak vytvořeno stabilní a tuhé shrabovací zařízení, zajišťující požadovanou funkci. Tato varianta je na základě výše zmíněných úsudků zvolena jako výsledným řešením. Varianta 1 by byla vhodná spíše pro rozměrově menší nádrže.

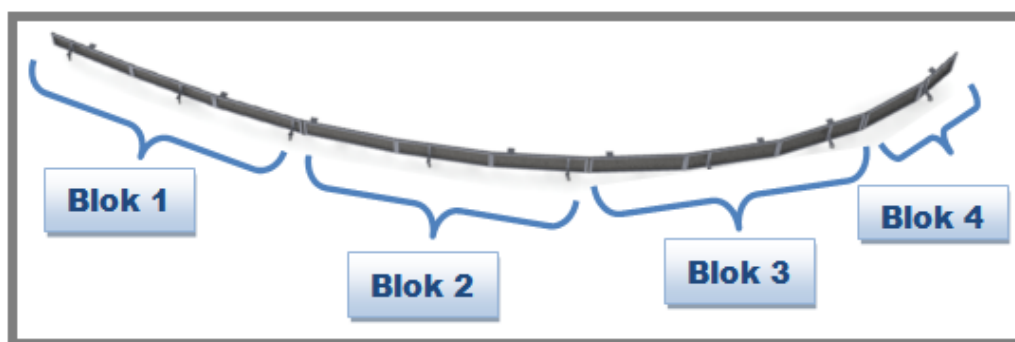


**Obr. 13** Vizualizace výsledného řešení

## 4 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

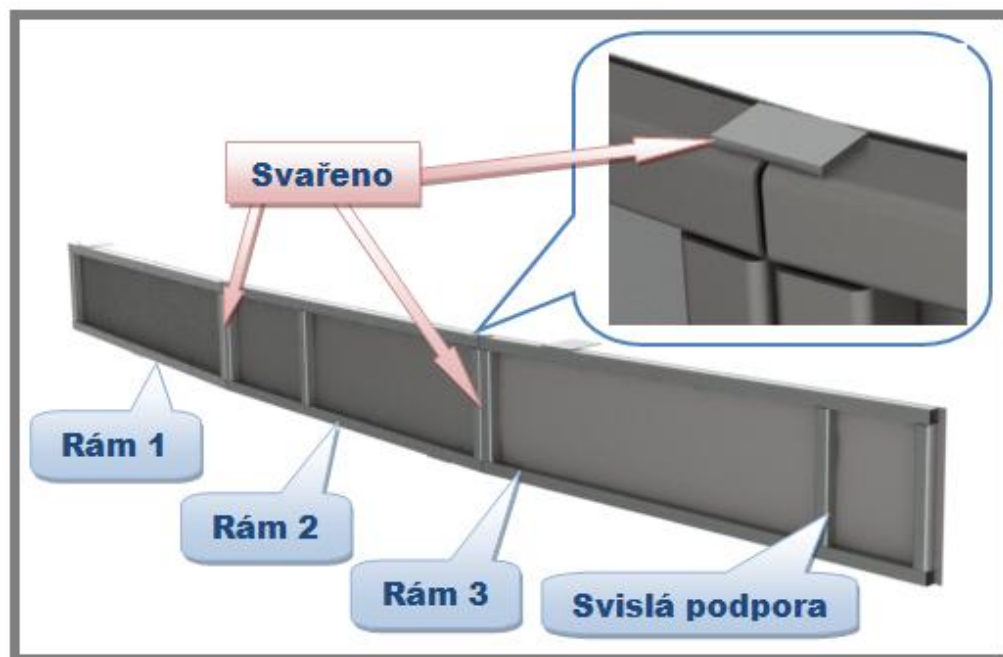
### 4.1 Shrabovací lišta

Základem výsledné varianty je shrabovací lišta ve tvaru logaritmické spirály o celkové délce 20 700 mm, včetně přesazení do kalové jámky. Je tedy třeba zvážit rozdělení lišty na několik částí, z důvodu snazší montáže a zároveň přepravy na montážní místo. Z uvedeného důvodu je navržena lišta, skládající se ze 4 bloků.



Obr. 14 Rozdělení shrabovací lišty

Blok 1 je složen ze třech ráků. Jednotlivé délky ráků jsou 2000 mm. Ráky jsou k sobě spojeny pod určitým úhlem přivařením. Stejně tak jsou vyrobeny bloky 2 a 3, s tím rozdílem, že jsou na nich jinak rozmístěny svislé podpory pro konzoly kolečka a příložky pro přivaření táhel. Blok 4 se skládá ze dvou ráků o délce 1500 mm a 1200 mm. Spojení provedeno stejně jako u bloků 1, 2 a 3.



Obr. 15 Blok svařený z ráků



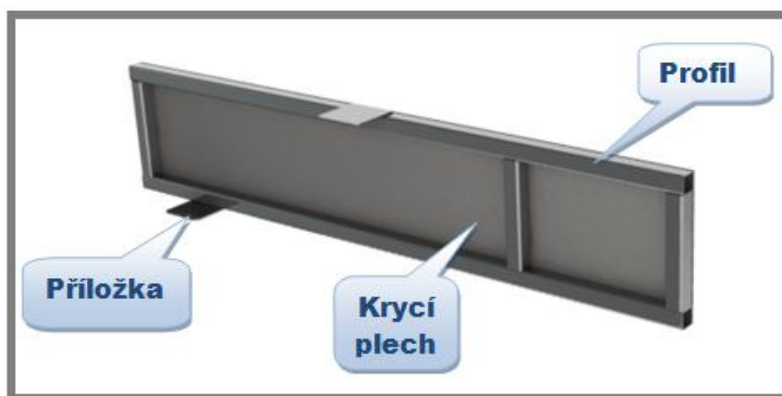
Výšky rámu jsou odstupňovány se zvětšující se vzdáleností od obvodu nádrže. Souvisí to s množstvím kalu, hromadícího se u lišty. Největší výška rámu je u kalové jámky, nejmenší u obvodu nádrže.

## 4.2 Rám

4.2

---

Jednotlivé rámy jsou svařeny ze čtyř čtvercových trubek TR 4HR 50x3. V určitém místě rámu je přivařena svislá podpora, která slouží k následnému přivaření konzoly kolečka. Součástí rámu jsou příložky z plechu P5-150x150. Příložky jsou přivařeny na rámech v těch místech, kam přijdou přivařit táhla. Další součástí rámu je krycí plech, po kterém bude odváděn kal. Tloušťka krycího plechu je zvolena 2 mm.



Obr. 16 Rám

## 4.3 Závěs

4.3

---

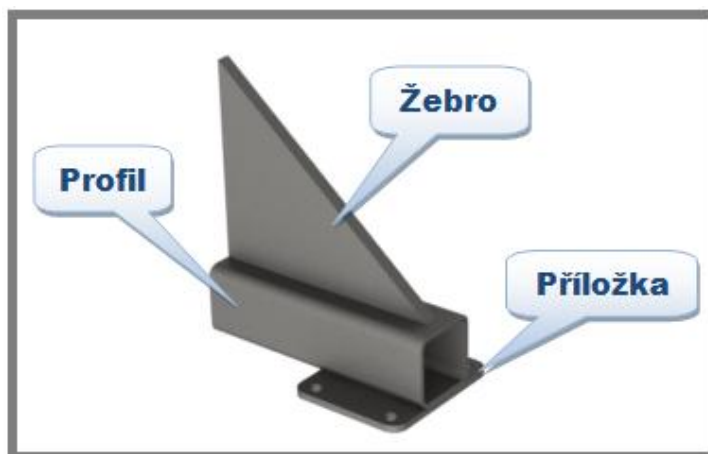
Závěs se skládá z pouzdra, vyrobeného z plechu P5-50x190, které je ohnuté do tvaru „U“. Dalším komponentem je úchytka, která je řešena jako svařovaná součást ze dvou částí. První část je trubka TR Ø20x2,6 a druhá část je plech P5-50x150. Úchytka a pouzdro jsou společně sešroubovány šroubem M10x90 s podložkou 10 a samozjistnou maticí M10. K úchytce následně přijde přivařit táhlo.



Obr. 17 Závěs

## 4.4 Konzola

Konzola je určena k připevnění kolečka. Základem konzoly je čtvercová trubka TR 4HR 50x3, ke které je přivařeno trojúhelníkové žebro z polotovaru P10-140x165. Žebro plní funkci výztuhy. Dále je ke čtvercové trubce přivařena příložka z plechu s radiusy o velikosti 10 mm. Polotovar příložky je plech P5-85x100, ke které přijde přišroubovat kolečko. Otvory v příložce budou vrtány společně s kolečkem.



Obr. 18 Konzola

## 4.5 Kolečko

Kolečko je voleno dle katalogu firmy Blickle, a.s., s označením LEX PO 125G s rameny z nerezové oceli a s kladkou z polyamidu. Kolečko je k příložce konzoly připevněno šrouby M8x25 s pružnou podložkou a maticí M8 [11].



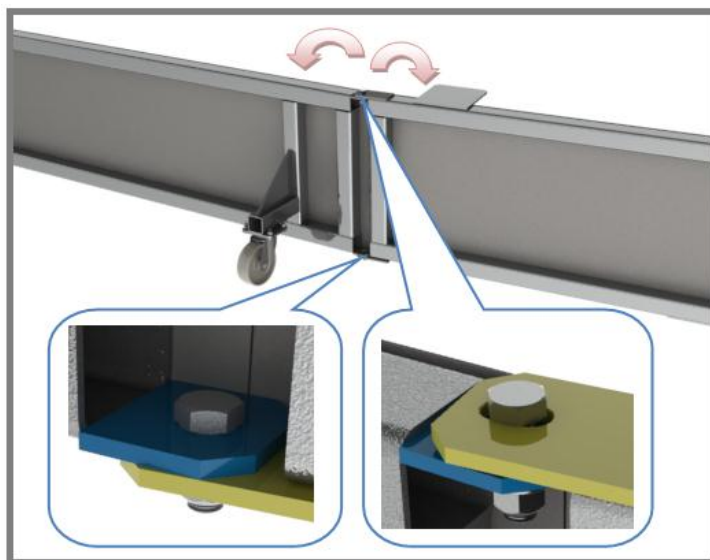
Obr. 19 Kolečko [11]

## 4.6 Spojení bloků

Jednotlivé bloky sestavené z rámců, budou při montáži spojeny pomocí přivařených přesazených příložek. Příložky jsou součástí rámců. Ve spodní části je v příložkách



vyvrtaný otvor a spojení zajišťuje šroub M8x25 a samojistná matice M8. V horní části je ve spodní příložce otvor a ve vrchní příložce drážka. Šroub M8x35 procházející tímto otvorem a drážkou nebude utažen. Pojistná matice zabráni vypadnutí šroubu. Tímto spojením se umožní vychýlení daných bloků v naznačených směrech viz obr. 20. Vychýlení je zajištěno kvůli nerovnostem dna nádrže. Stírací liště tak bude umožněno držet stálou místní vzdálenost vůči dnu.



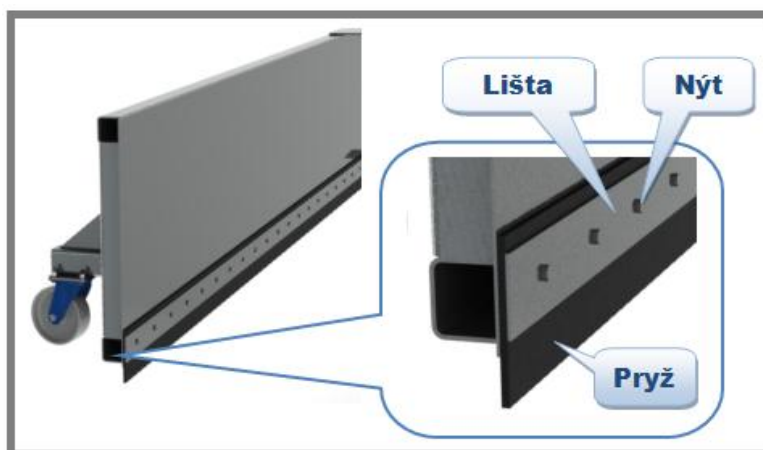
Obr. 20 Spojení bloků

#### 4.7 Připevnění pryže

4.7

---

Mezeru mezi rámovou konstrukcí lišty a dnem nádrže bude vymezovat tvrdá pryž, která však nebude drhnout o dno. Tloušťka pryže je zvolena 5 mm. Mezi pryží a dnem bude při montáži zanechána vůle cca 10 mm. Pryž bude k rámu připevněna pomocí lišty z plechu o tloušťce 2 mm a trhacích nýtů o průměru 3 mm. Celá tato operace bude prováděna až na místě při montáži, protože není možné přesně určit, v jaké vzdálenosti od rámu má být pryž připevněna. Bude záležet na tom, co umožní místní podmínky.

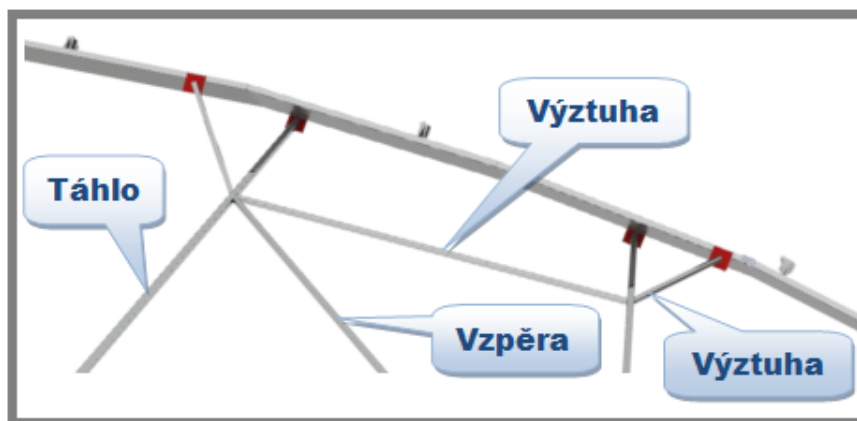


Obr. 21 Připevnění pryže

---

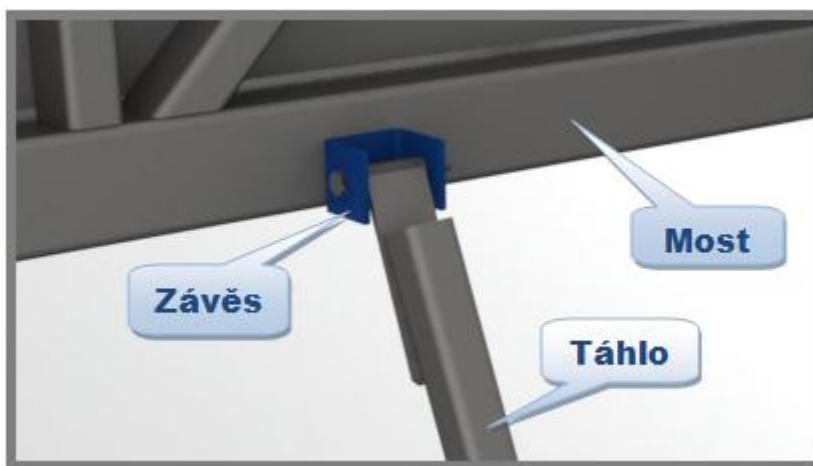
## 4.8 Táhla, vzpěry, výztuhy

Táhla jsou navržena z trubek čtvercového průřezu TR 4HR 40x3. Jejich délky budou upraveny až při montáži. Po úpravě délek budou následně přivařena ke spodním příložkám rámu shrabovací lišty. K mostové konstrukci budou táhla přivařena prostřednictvím závěsů. Táhla budou úhlopříčně svázána vzpěrou a vyztuženy výztuhami viz obr. 22.



Obr. 22 Táhla, vzpěry, výztuhy

Táhla budou na mostu zavěšena pomocí závěsů. Táhlo se přiloží k úchytku závěsu a svaří se.



Obr. 23 Připevnění táhel k mostové konstrukci

---

## 4.9 Materiálové provedení

Vzhledem k tomu, že veškeré součásti kromě závěsů jsou ponořeny pod vodou a most je vyroben také z nerezové oceli, je materiálem veškerých součástí zvolena nerezová ocel. Konstrukční ocel s povrchovou úpravou jako je žárové zinkování byla zamítnuta zadávající společností.

## 4.10 Postup montáže

4.10

1. Přivaření závěsů k mostové konstrukci
2. Rozmístění svařených bloků shrabovací lišty po dně nádrže
3. Přivaření konzol s kolečky
4. Sešroubování bloků shrabovací lišty
5. Přivaření táhel k liště a k mostové konstrukci
6. Přivaření výztuh a vzpěr k táhlům
7. Upravit pláty pryže dle povrchu dna nádrže
8. Překládání pryže v optimální poloze a vrtání otvorů do shrabovací lišty
9. Nýtování příložky s pryží trhacími nýty ke shrabovací liště
10. Uvedení do provozu



Obr. 24 Výsledné řešení 1



Obr. 25 Výsledné řešení 2



Obr. 26 Výsledné řešení 3



## 5 DISKUZE

Požadavkem bylo vytvoření konstrukčního řešení shrabovacího zařízení dosazovací nádrže ÚČOV Ostrava pro firmu Hydrotech, a.s. Shrabovací zařízení mělo být spirálového provedení se dvěma rameny. Na základě vstupních hodnot byla navržena dvě řešení. První návrh zcela nesplňoval požadované parametry, a tak bylo přistoupeno k další variantě s cílem tyto nedostatky odstranit. Bylo to zejména umožnění výkyvného pohybu jednotlivých bloků stírací lišty, který by eliminoval nedostatky stavařské práce nerovného dna. Tento problém byl vyřešen pomocí spojení bloků příložkami s otvory a drážkou. Z průběhu montáže nebyly poskytnuty konkrétní informace, které by umožnily vyhodnotit správnost a vhodnost tohoto řešení. Dalším faktem bylo, že žádná spirála nedoléhá ke kuželovitému dnu nádrže, a bylo tedy nutné uvažovat určitou místní vzdálenost mezi shrabovací lištou a dnem nádrže. Tato vzdálenost byla vymezena prostřednictvím koleček připevněných ke konzolám shrabovací lišty. Mezeru částečně uzavírala pryž připevněná k liště. Nejednalo se o nijak neobvyklé řešení, tudíž ho lze považovat za správné. Shrabovací lišta byla zavěšena k mostové konstrukci pomocí táhel a závěsů. Délky táhel byly přizpůsobeny dle umístění stírací lišty u dna nádrže. Následně pak byla vyztužena pomocí vzpěr a výztuh. Materiálem veškerých součástí byla zvolena nerezová ocel. Tato volba vycházela z požadavků projektu zadávající společnosti.

---

## 6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat návrh konstrukčního řešení shrabovacího zařízení dna dosazovací nádrže. V úvodní části byl stručně popsán princip činnosti dosazovací nádrže a byly sepsány současné způsoby řešení shrabovacích systémů. Poté následovalo stanovení jasných požadavků, parametrů a cílů pro vypracování práce. Na základě těchto stanovených parametrů byly provedeny návrhy konstrukčních řešení. Z těchto návrhů přicházela v úvahu ta varianta, která lépe splňovala určené požadavky. Jednalo se o variantu návrhu číslo 2. Detailnější popis optimálnější varianty byl rozebrán v kapitole výsledné konstrukční řešení. Vzhledem k tomu, že shrabovací zařízení bylo uvedeno do provozu a vše fungovalo, lze říci, že vytyčené cíle práce byly splněny. Součástí práce je výkresová dokumentace, která je součástí příloh. Při práci bylo využito dostupných informací z literatury a internetu. Jednotlivé návrhy byly vytvořeny v programu Solidworks.

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

---

**7**

- [1] MAZEL, L., M POKORNÝ. *Vodárny a čistírny*. Druhé doplněné vydání. Brno: Nakladatelství VUT Brno, 1992. ISBN 80-214-0473-6.
- [2] BARTOŠ, P. *Systémy shrabování dna čistírenských nádrží*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Brandejs, CSc.
- [3] Kruhová dosazovací nádrž. K&H KINETIC, akciová společnost. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <<http://www.kh-kinetic.cz/home/pdf/69.pdf>>
- [4] Spiral Scraper Clarifier. OVIVO. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <[http://www.ovivowater.com/Assets/files/Ovivo\\_Spiral\\_Scraper\\_clarifier.pdf](http://www.ovivowater.com/Assets/files/Ovivo_Spiral_Scraper_clarifier.pdf)>
- [5] KUSTERS-WATER.[online].[cit.2014-05-18].Dostupné z: <<http://kusterszima.com/kusters-water/products/clarification>>
- [6] DAGA: EQUIPOS PARA MEDIO AMBIENTE. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <<http://www.daga.biz/Eng/puenterecintocirculari.htm>>
- [7] Equipment for wastewater treatment. AWT. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <<http://www.awt-eisleben.de/en/environmental-engineering.html>>
- [8] Shrbovací systém kalu pro kruhové nádrže. FINNCHAIN. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <[http://www.finnchain.fi/files/x\\_extra/Brochures/circular\\_tank\\_CZ.pdf](http://www.finnchain.fi/files/x_extra/Brochures/circular_tank_CZ.pdf)>
- [9] Rotating sludge scraper. NORDIC WATER. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <<http://www.nordicwater.com/en/index.cfm/product-groups/zickert/z3700-rotating-sludge-scraper>>
- [10] Čistírna odpadních vod: Ústřední čistírna odpadních vod Ostrava. [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <<http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Bara/cov.html>>
- [11] Kladky z nerezové oceli. BLICKLE. [online]. [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <<http://www.blickle.cz/cz/produkty-cz/LEX-PO-125G/>>

---

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 1</b>	Dosazovací nádrž	13
<b>Obr. 2</b>	Spirální lišta	14
<b>Obr. 3</b>	Spirální segmenty	14
<b>Obr. 4</b>	Přesazené škrabky	15
<b>Obr. 5</b>	Odsávací sběrače	15
<b>Obr. 6</b>	Odsávací potrubí	15
<b>Obr. 7</b>	Shrabovací systém Finnchain	16
<b>Obr. 8</b>	Shrabovací systém Zickert	17
<b>Obr. 9</b>	ÚČOV Ostrava	18
<b>Obr. 10</b>	Spirálová ramena	19
<b>Obr. 11</b>	Varianta 1	20
<b>Obr. 12</b>	Varianta 2	20
<b>Obr. 13</b>	Vizualizace výsledného řešení	21
<b>Obr. 14</b>	Rozdělení shrabovací lišty	22
<b>Obr. 15</b>	Blok svařený z rámců	22
<b>Obr. 16</b>	Rám	23
<b>Obr. 17</b>	Závěs	23
<b>Obr. 18</b>	Konzola	24
<b>Obr. 19</b>	Kolečko	24
<b>Obr. 20</b>	Spojení bloků	25
<b>Obr. 21</b>	Přípevnění pryže	25
<b>Obr. 22</b>	Táhla, vzpěry, výztuhy	26
<b>Obr. 23</b>	Přípevnění táhel k mostové konstrukci	26
<b>Obr. 24</b>	Výsledné řešení 1	27
<b>Obr. 25</b>	Výsledné řešení 2	27
<b>Obr. 26</b>	Výsledné řešení 3	28



## 9 SEZNAM TABULEK

**9**

---

**Tab. 1** Souřadnice bodů

19

---

## 10 SEZNAM PŘÍLOH

P1	Shrabovací zařízení	1-DNO-0
P2	Blok 2	3-DNO-0-02
P3	Rám 4	3-DNO-0-02-01